

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 994 473**

51 Int. Cl.:

**G02F 1/167** (2009.01)

**G02F 1/1675** (2009.01)

**G02F 1/1685** (2009.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.08.2019** **PCT/US2019/046258**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.02.2020** **WO20036908**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.08.2019** **E 19850125 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2024** **EP 3837582**

54 Título: **Pantalla piezoelectroforética**

30 Prioridad:

**14.08.2018 US 201862718587 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**24.01.2025**

73 Titular/es:

**E INK CORPORATION (100.00%)**  
**1000 Technology Park Drive**  
**Billerica, MA 01821, US**

72 Inventor/es:

**GU, HAIYAN;**  
**LIU, HANAN y**  
**ZANG, HONGMEI**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 994 473 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Pantalla piezoelectroforética

5 **OBJETO DE LA INVENCION**

Esta invención se relaciona con las pantallas piezoelectroforéticas que se pueden activar o accionar sin conectarse con una fuente de alimentación.

10 **ANTECEDENTES**

Las pantallas no emisivas transmiten información utilizando diferencias de contraste, que se consiguen variando la reflectancia de distintas frecuencias de luz; se distinguen así de las pantallas emisivas tradicionales, que estimulan el ojo emitiendo luz. Un tipo de pantalla no emisiva es la pantalla electroforética, que utiliza el fenómeno de la electroforesis para lograr el contraste. La electroforesis se refiere al movimiento de partículas cargadas en un campo eléctrico aplicado. Cuando la electroforesis se produce en un líquido, las partículas se mueven con una velocidad determinada principalmente por la resistencia viscosa que experimentan las partículas, su carga, las propiedades dieléctricas del líquido y la magnitud del campo aplicado.

Una pantalla electroforética utiliza partículas cargadas de un color suspendidas en un medio líquido dieléctrico de otro color (es decir, luz reflejada por las partículas) que se absorbe por el líquido. La suspensión se aloja en una celda situada entre (o parcialmente definida por) un par de electrodos dispuestos de forma opuesta, uno de los cuales es transparente. Cuando los electrodos se accionan para aplicar un campo de corriente continua o pulsada a través del medio, las partículas migran hacia el electrodo de signo opuesto. El resultado es un cambio de color visualmente observable. En particular, cuando un número suficiente de partículas alcanza el electrodo transparente, su color domina la pantalla; si las partículas son atraídas hacia el otro electrodo, sin embargo, quedan oscurecidos por el color del medio líquido, que domina en su lugar.

El documento KR 2008 0094252 A describe un dispositivo de visualización de papel electrónico escribible y un método de fabricación del mismo. Esta pantalla muestra un carácter o un diagrama en papel electrónico utilizando efectos piezoeléctricos generados al presionar un elemento piezoeléctrico, mejorando así la comodidad del usuario. Un dispositivo de visualización de papel electrónico escribible incluye un sustrato inferior y un sustrato superior, una primera película de electrodo transparente y una segunda película de electrodo transparente, una capa de papel electrónico y una primera película piezoeléctrica transparente. El sustrato inferior y el sustrato superior están dispuestos uno frente al otro con una separación predeterminada. La primera película de electrodo transparente y la segunda película de electrodo transparente están formadas respectivamente para ser adyacentes a una superficie opuesta al sustrato inferior y al sustrato superior. La capa de papel electrónico se forma sobre la primera película de electrodo transparente. La primera película piezoeléctrica transparente está formada entre la capa de papel electrónico y la segunda película de electrodo transparente.

El documento US 2017/0285828 A1 describe un dispositivo de visualización que puede actualizarse aplicando presión con un objeto pasivo (lápiz óptico). El dispositivo de visualización comprende una capa conductora superior transparente, una capa conductora intermedia y una capa conductora inferior. La capa conductora intermedia se segmenta en una pluralidad de áreas independientes y un píxel del dispositivo de visualización se define basándose, al menos en parte, en la forma en que se segmenta la capa conductora intermedia. El dispositivo de visualización comprende además una capa de tinta electroforética entre las capas conductoras superior e intermedia, una capa de material piezoeléctrico entre las capas conductoras intermedia e inferior, y una conexión eléctrica entre las capas conductoras inferior y superior.

El documento US 6 473 072 B1 describe una pantalla que incluye un medio de visualización encapsulado, un electrodo trasero y un electrodo móvil. El medio de visualización encapsulado comprende una pluralidad de cápsulas, comprendiendo cada cápsula una pluralidad de partículas dispersas en un fluido. El medio de visualización tiene una primera superficie y una segunda superficie. El electrodo trasero está situado junto a la segunda superficie del medio de visualización. El electrodo móvil y el electrodo trasero aplican un campo eléctrico a través del medio de visualización.

El documento JP 2002 014380 A describe un dispositivo de formación de imágenes que tiene un alto contraste y una alta biestabilidad. Las imágenes se escriben en un medio de visualización de imágenes que encierra tipos de grupos de partículas con diferente color y diferentes propiedades de carga eléctrica, que pueden desplazarse entre un par de sustratos mediante un campo eléctrico, en un hueco entre un sustrato de visualización dispuesto en un lado de la pantalla de visualización de imágenes y un sustrato de no visualización opuesto al sustrato de visualización y provisto de un primer electrodo por un medio de escritura de imágenes en la parte de punta del cual se proporciona un segundo electrodo y que aplica tensión entre el primer electrodo y el segundo electrodo. Así, la tensión se aplica entre el segundo electrodo de la punta del medio de escritura de imágenes y el primer electrodo del sustrato de no visualización para generar el campo eléctrico, el grupo de partículas electrificadas se desplaza

a lo largo de la dirección del campo eléctrico para adherirse al sustrato de visualización o a la superficie interior del sustrato de no visualización, y la imagen se visualiza en el sustrato de visualización.

## SUMARIO

La presente invención proporciona un aparato de escritura de acuerdo con las reivindicaciones anexas.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es una vista en sección transversal de un aparato de escritura ilustrativo de la invención; y la figura 2 es una segunda realización de un aparato de escritura de la invención.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA

El término "electroóptico/a", como se aplica a un material o una pantalla, se usa en el presente documento en su significado convencional en la técnica de la formación de imágenes para referirse a un material que tiene un primer y segundo estado de visualización que difieren en al menos una propiedad óptica, cambiando el material de su primer a su segundo estado de visualización mediante la aplicación de un campo eléctrico al material. Aunque la propiedad óptica es normalmente un color perceptible para el ojo humano, puede ser otra propiedad óptica, tal como la transmisión óptica, reflectancia, luminiscencia o, en el caso de pantallas destinadas a la lectura mecánica, pseudocolor en el sentido de un cambio en la reflectancia de las longitudes de onda electromagnéticas fuera del intervalo visible. Los términos "biestable" y "biestabilidad" se usan en el presente documento en su significado convencional en la técnica para referirse a pantallas que comprenden elementos de visualización que tienen un primer y un segundo estado de visualización que difieren en al menos una propiedad óptica, y de tal manera que después de que se haya accionado cualquier elemento dado, por medio de un pulso de direccionamiento de duración finita, para asumir su primer o segundo estado de visualización, después de que ha terminado el pulso de direccionamiento, ese estado persistirá durante al menos varias veces, por ejemplo, al menos cuatro veces, la duración mínima del pulso de direccionamiento requerido para cambiar el estado del elemento de visualización. En la patente de Estados Unidos n.º 7.170.670 se muestra que algunas pantallas electroforéticas basadas en partículas con capacidad de escala de grises son estables no solo en sus estados extremos de blanco y negro, sino también en sus estados intermedios de gris, y lo mismo ocurre con algunos otros tipos de pantallas electroópticas. Este tipo de pantalla se denomina apropiadamente "multiestable" en lugar de biestable, aunque por conveniencia el término "biestable" puede usarse en el presente documento para cubrir pantallas tanto biestables como multiestables.

La expresión "estado gris" se utiliza en el presente documento en su significado convencional en la técnica de la formación de imágenes para referirse a un estado intermedio entre dos estados ópticos extremos de un píxel, y no implica necesariamente una transición de blanco y negro entre estos dos estados extremos. Por ejemplo, varias de las patentes de E Ink y las solicitudes publicadas a las que se hace referencia a continuación describen pantallas electroforéticas en las que los estados extremos son blanco y azul profundo, de forma que un "estado gris" intermedio sería en realidad azul pálido. De hecho, como ya se ha mencionado, el cambio en el estado óptico puede no ser un cambio de color en absoluto. Los términos "negro" y "blanco" pueden usarse a continuación en el presente documento para referirse a los dos estados ópticos extremos de una pantalla, y debe entenderse que normalmente incluyen estados ópticos extremos que no son estrictamente en blanco y negro, por ejemplo, los mencionados estados blanco y azul oscuro. El término "monocromo" se puede utilizar a continuación en el presente documento para indicar una pantalla o esquema de accionamiento que sólo acciona los píxeles a sus dos estados ópticos extremos sin estados grises intermedios.

El término "píxel" se utiliza en el presente documento en su significado convencional en la técnica de la visualización para referirse a la unidad más pequeña de una pantalla capaz de generar todos los colores que la propia pantalla puede mostrar. A todo color, normalmente, cada píxel se compone de una pluralidad de subpíxeles, cada uno de los cuales puede mostrar menos de todos los colores que la propia pantalla puede mostrar. Por ejemplo, en la mayoría de las pantallas convencionales a todo color, cada píxel está compuesto por un subpíxel rojo, un subpíxel verde, un subpíxel azul y, opcionalmente, un subpíxel blanco, pudiendo mostrar cada uno de los subpíxeles una gama de colores que va desde el negro hasta la versión más brillante del color especificado.

Se conocen varios tipos de pantallas electroópticas. Un tipo de pantalla electroóptica es un tipo de miembro bicromático giratorio como se describe, por ejemplo, en las patentes de Estados Unidos n.º 5.808.783; 5.777.782; 5.760.761; 6.054.071 6.055.091; 6.097.531; 6.128.124; 6.137.467; y 6.147.791 (aunque este tipo de pantalla a menudo se denomina pantalla de "bola bicromática giratoria", se prefiere la expresión "miembro bicromático giratorio" por ser más precisa ya que, en algunas de las patentes mencionadas anteriormente, los miembros giratorios no son esféricos). Una pantalla de este tipo usa una gran cantidad de cuerpos pequeños (típicamente esféricos o cilíndricos) que tienen dos o más secciones con diferentes características ópticas y un dipolo interno. Estos cuerpos están suspendidos dentro de vacuolas llenas de líquido dentro de una matriz, estando las vacuolas llenas de líquido para que los cuerpos puedan girar libremente. La apariencia de la pantalla se cambia aplicando

un campo eléctrico a la misma, girando por tanto los cuerpos a diversas posiciones y variando cuál de las secciones de los cuerpos se ve a través de una superficie de visión. Este tipo de medio electroóptico es típicamente biestable.

Otro tipo de pantalla electroóptica usa un medio electrocrómico, por ejemplo, un medio electrocrómico en forma de película nanocrómica que comprende un electrodo formado al menos en parte por un óxido de metal semiconductor y una pluralidad de moléculas de colorante que pueden cambiar de color reversiblemente unidas al electrodo; véanse, por ejemplo, O'Regan, B., *et al.*, Nature 1991, 353, 737; y Wood, D., Information Display, 18(3), 24 (marzo de 2002). Véase también Bach, U., *et al.*, Adv. Mater., 2002, 14 (11), 845. También se describen películas nanocrómicas de este tipo, por ejemplo, en las patentes de Estados Unidos n.º 6.301.038; 6.870.657; y 6.950.220. Este tipo de medio típicamente también es biestable.

Otro tipo de pantalla electroóptica es una pantalla electrohúmedante desarrollada por Philips y descrita en Hayes, R.A., *et al.*, "Video-Speed Electronic Paper Based on Electrowetting", Nature, 425, 383-385 (2003). En la patente de Estados Unidos n.º 7.420.549 se muestra que tales pantallas electrohúmedantes pueden fabricarse biestables.

Un tipo de pantalla electroóptica, que ha sido objeto de una intensa investigación y desarrollo durante un número de años, es la pantalla electroforética basada en partículas, en la que una pluralidad de partículas cargadas se mueven a través de un fluido bajo la influencia de un campo eléctrico. Las pantallas electroforéticas pueden tener atributos de buen brillo y contraste, amplios ángulos de visión, biestabilidad de estado y bajo consumo de energía en comparación con las pantallas de cristal líquido.

Como se ha señalado anteriormente, los medios electroforéticos requieren la presencia de un fluido. En la mayoría de los medios electroforéticos de la técnica anterior, este fluido es un líquido, pero los medios electroforéticos se pueden producir usando fluidos gaseosos; véanse, por ejemplo, Kitamura, T., *et al.*, "Electrical toner movement for electronic paper-like display", IDW Japón, 2001, Paper HCS1-1 y Yamaguchi, Y., *et al.*, "Toner display using insulative particles charged triboelectrically", IDW Japón, 2001, Paper AMD4-4). Véanse también las patentes de Estados Unidos n.º 7.321.459 y 7.236.291. Tales medios electroforéticos basados en gas parecen ser susceptibles a los mismos tipos de problemas debido a la sedimentación de partículas que los medios electroforéticos basados en líquido, cuando los medios se usan en una orientación que permite tal sedimentación, por ejemplo, en un cartel donde el medio está dispuesto en un plano vertical. De hecho, la sedimentación de partículas parece ser un problema más grave en los medios electroforéticos basados en gas que en los basados en líquido, ya que la menor viscosidad de los fluidos de suspensión gaseosos en comparación con los líquidos permite una sedimentación más rápida de las partículas electroforéticas.

Numerosas patentes y solicitudes asignadas al Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y E Ink Corporation o a su nombre describen diversas tecnologías usadas en medios electroforéticos encapsulados y otros medios electroópticos. Dichos medios encapsulados comprenden numerosas cápsulas pequeñas, cada una de las cuales comprende una fase interna que contiene partículas electroforéticamente móviles en un medio fluido, y una pared de cápsula que rodea la fase interna. Típicamente, las cápsulas se mantienen ellas mismas dentro de un aglutinante polimérico para formar una capa coherente situada entre dos electrodos. Las tecnologías descritas en estas patentes y solicitudes incluyen:

- (a) Partículas electroforéticas, fluidos y aditivos de fluidos; véanse, por ejemplo, las patentes de EE.UU. n.º 7.002.728 y 7.679.814;
- (b) Cápsulas, aglutinantes y procesos de encapsulación; véanse, por ejemplo, las patentes de EE.UU. n.º 6.922.276 y 7.411.719;
- (c) Películas y subconjuntos que contienen materiales electroópticos; véanse, por ejemplo, las patentes de EE.UU. n.º 6.982.178 y 7.839.564;
- (d) Planos posteriores, capas adhesivas y otras capas auxiliares y métodos usados en pantallas; véanse, por ejemplo, las patentes de EE.UU. n.º 7.116.318 y 7.535.624;
- (e) Formación de color y ajuste de color; véanse, por ejemplo, las patentes de EE.UU. n.º 7.075.502 y 7.839.564;
- (f) Métodos para accionar pantallas; véanse, por ejemplo, las patentes de EE.UU. n.º 7.012.600 y 7.453.445;
- (g) Aplicaciones de pantallas; véanse, por ejemplo, las patentes de EE.UU. n.º 7.312.784 y 8.009.348;
- (h) Pantallas no electroforéticas, como se describe en las patentes de EE.UU. n.º 6.241.921; 6.950.220; 7.420.549 y 8.319.759; y la publicación de solicitud de patente de EE.UU. n.º 2012/0293858;
- (i) Estructuras microcelulares, materiales de pared y métodos para formar microceldas; véanse, por ejemplo, las patentes de EE.UU. n.º 7.072.095 y 9.279.906; y
- (j) Métodos para llenar y sellar microceldas; véanse, por ejemplo, las patentes de EE.UU. n.º 7.144.942 y 7.715.088.

Muchas de las patentes y solicitudes antes mencionadas reconocen que las paredes que rodean las microcápsulas discretas en un medio electroforético encapsulado podrían reemplazarse por una fase continua, produciendo, por tanto, una llamada pantalla electroforética dispersa en polímeros, en la que el medio electroforético comprende una pluralidad de gotitas discretas de un fluido electroforético y una fase continua de un material polimérico, y que las gotitas discretas de fluido electroforético dentro de una pantalla electroforética dispersa en polímeros pueden considerarse como cápsulas o microcápsulas incluso aunque la membrana de la cápsula discreta no esté asociada con cada gotita individual; véase por ejemplo, la patente de EE.UU. n.º 6.866.760 anteriormente mencionada. Por

consiguiente, para los fines de la presente solicitud, tales medios electroforéticos dispersos en polímeros se consideran subespecies de medios electroforéticos encapsulados.

Un tipo relacionado de pantalla electroforética es la denominada "pantalla electroforética de microceldas". En una pantalla electroforética de microceldas, las partículas cargadas y el fluido no se encapsulan dentro de microcápsulas, sino que se retienen dentro de una pluralidad de cavidades formadas dentro de un medio portador, típicamente una película polimérica. Véanse, por ejemplo, las patentes de EE.UU. n.º 6.672.921 y 6.788.449, ambas asignadas a Sipix Imaging, Inc.

Aunque los medios electroforéticos suelen ser opacos (ya que, por ejemplo, en muchos medios electroforéticos, las partículas bloquean sustancialmente la transmisión de luz visible a través de la pantalla) y operan en un modo reflectante, se puede hacer que muchas pantallas electroforéticas operen en el denominado "modo de obturador" en el que un estado de pantalla es sustancialmente opaco y el otro es transmisivo de la luz. Véanse, por ejemplo, las patentes de EE.UU. n.º 5.872.552; 6.130.774; 6.144.361; 6.172.798; 6.271.823; 6.225.971; y 6.184.856. Las pantallas dielectroforéticas, que son similares a las pantallas electroforéticas, pero se basan en variaciones en la fuerza del campo eléctrico, pueden operar en un modo similar; véase la patente de EE.UU. n.º 4.418.346. Otros tipos de pantallas electroópticas también pueden funcionar en modo de obturador. Los medios electroópticos que operan en modo de obturador pueden ser útiles en estructuras multicapa para pantallas a todo color; en tales estructuras, al menos una capa adyacente a la superficie de visión de la pantalla opera en modo de obturador para exponer u ocultar una segunda capa más distante de la superficie de visión.

Una pantalla electroforética encapsulada típicamente no sufre el modo de fallo de agrupamiento y sedimentación de los dispositivos electroforéticos tradicionales y proporciona ventajas adicionales, tales como la capacidad de imprimir o recubrir la pantalla en una amplia diversidad de sustratos flexibles y rígidos. (El uso de la palabra "impresión" prevé incluir todas las formas de impresión y recubrimiento, incluyendo, pero sin limitación: recubrimientos predosificados tales como recubrimiento de troquel de parche, recubrimiento de ranura o extrusión, recubrimiento deslizante o en cascada, recubrimiento de cortina; recubrimiento con rodillo, tal como cuchillo sobre recubrimiento con rodillo, recubrimiento con rodillo hacia adelante y hacia atrás; recubrimiento de huecograbado; recubrimiento por inmersión; recubrimiento por pulverización; recubrimiento de menisco; recubrimiento por centrifugación; recubrimiento con cepillo; recubrimiento de cuchillo de aire; procesos de serigrafía; procesos de impresión electrostática; procesos de impresión térmica; procesos de impresión por chorro de tinta; deposición electroforética (véase la patente de EE.UU. n.º 7.339.715); y otras técnicas similares). Por tanto, la pantalla resultante puede ser flexible. Así mismo, ya que el medio de visualización puede imprimirse, utilizando diversos métodos, la misma pantalla se puede fabricar de forma económica.

Una pantalla electroforética comprende normalmente una capa de material electroforético y al menos otras dos capas dispuestas en lados opuestos del material electroforético, siendo una de estas dos capas una capa de electrodo. En la mayoría de tales pantallas, ambas capas son capas de electrodos, y una o ambas capas de electrodos están modeladas para definir los píxeles de la pantalla. Por ejemplo, una capa de electrodo puede estar modelada en electrodos de fila alargados y la otra en electrodos de columna alargados que se extienden en ángulo recto con los electrodos de fila, estando definidos los píxeles por las intersecciones de los electrodos de fila y columna. Alternativamente, y más comúnmente, una capa de electrodo tiene la forma de un solo electrodo continuo y la otra capa de electrodo está modelada en una matriz de electrodos de píxeles, cada uno de los cuales define un píxel de la pantalla. En otro tipo de pantalla electroforética, que se diseña para su uso con un lápiz óptico, cabezal de impresión o electrodo móvil similar separado de la pantalla, solo una de las capas adyacentes a la capa electroforética comprende un electrodo, siendo típicamente la capa en el lado opuesto de la capa electroforética una capa protectora destinada a evitar que el electrodo móvil dañe la capa electroforética.

En otro ejemplo más, como el descrito en la patente de EE.UU. n.º 6.704.133, las pantallas electroforéticas pueden construirse con dos electrodos continuos y una capa electroforética y una capa fotoelectroforética entre los electrodos. Ya que el material fotoelectroforético cambia de resistividad con la absorción de fotones, la luz incidente puede utilizarse para alterar el estado del medio electroforético. Como se describe en la patente de EE.UU. n.º 6.704.133, el dispositivo funciona mejor cuando se acciona por una fuente emisiva, tal como una pantalla LCD, situada en el lado opuesto de la pantalla desde la superficie de visualización. En algunos ejemplos, los dispositivos de la patente de EE.UU. n.º 6.704.133 incorporaban capas especiales de barrera entre el electrodo frontal y el material fotoelectroforético para reducir las "corrientes de oscuridad" causadas por la luz incidente desde la parte frontal de la pantalla que se filtra a través de los medios electroópticos reflectantes.

La patente de EE.UU. n.º 6.982.178 mencionada anteriormente describe un método para ensamblar una pantalla electroóptica sólida (que incluye una pantalla electroforética encapsulada) que está bien adaptada para la producción en masa. Esencialmente, esta patente describe un llamado "laminado de plano frontal" ("FPL") que comprende, en orden, una capa eléctricamente conductora transmisora de luz; una capa de un medio electroóptico sólido en contacto eléctrico con la capa eléctricamente conductora; una capa adhesiva; y una lámina de liberación. Típicamente, la capa eléctricamente conductora transmisora de luz se llevará sobre un sustrato transmisor de luz, que es preferentemente flexible, en el sentido de que el sustrato se puede envolver manualmente alrededor de un tambor (por ejemplo) de 254 mm (10 pulgadas) de diámetro sin deformación permanente. El término "transmisor

de luz" se usa en esta patente y en el presente documento para indicar que la capa así designada transmite suficiente luz para permitir que un observador, mirando a través de esa capa, observe el cambio en los estados de visualización del medio electroóptico, que normalmente se verá a través de la capa eléctricamente conductora y el sustrato adyacente (si está presente); en los casos en que el medio electroóptico muestre un cambio en la reflectividad en longitudes de onda no visibles, el término "transmisor de luz" debe interpretarse, por supuesto, para referirse a la transmisión de las longitudes de onda no visibles pertinentes. El sustrato será típicamente una película polimérica, y normalmente tendrá un espesor en el intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 25 mil (25 a 634  $\mu\text{m}$ ), preferentemente de aproximadamente 2 a aproximadamente 10 mil (51 a 254  $\mu\text{m}$ ). La capa eléctricamente conductora es convenientemente una capa delgada de metal u óxido de metal de, por ejemplo, aluminio o ITO, o puede ser un polímero conductor. Las películas de poli (tereftalato de etileno) (PET) recubiertas con aluminio o ITO están disponibles comercialmente, por ejemplo, como "Mylar aluminizado" ("Mylar" es una marca comercial registrada) de E.I. du Pont de Nemours & Company, Wilmington DE, y tales materiales comerciales pueden usarse con buenos resultados en el laminado de plano frontal.

El ensamblaje de una pantalla electroóptica usando un laminado de plano frontal de este tipo puede efectuarse retirando la lámina de liberación del laminado de plano frontal y poniendo en contacto la capa adhesiva con la placa posterior en condiciones efectivas para hacer que la capa adhesiva se adhiera a la placa posterior, sujetando así la capa adhesiva, la capa de medio electroóptico y la capa eléctricamente conductora a la placa posterior. Este proceso se adapta bien a la producción en masa ya que el laminado de plano frontal puede producirse en masa, generalmente usando técnicas de revestimiento de rollo a rollo, y luego se cortan en piezas de cualquier tamaño necesario para usar con placas posteriores específicas.

La patente de EE.UU. n.º 7.561.324 describe una denominada "lámina de liberación doble" que es esencialmente una versión simplificada del laminado de plano frontal de la patente de EE.UU. n.º 6.982.178 antes mencionada. Una forma de lámina de liberación doble comprende una capa de un medio electroóptico sólido intercalado entre dos capas adhesivas, estando una o ambas capas adhesivas cubiertas por una lámina de liberación. Otra forma de lámina de liberación doble comprende una capa de un medio electroóptico sólido intercalado entre dos láminas de liberación. Ambas formas de la película de liberación doble están destinadas a usarse en un proceso generalmente similar al proceso para ensamblar una pantalla electroóptica a partir de un laminado de plano frontal ya descrito, pero involucrando dos laminaciones separadas; típicamente, en una primera laminación, la lámina de liberación doble se lamina a un electrodo frontal para formar un subconjunto frontal, y luego, en una segunda laminación, el subconjunto frontal se lamina a una placa posterior para formar la pantalla final, aunque se puede invertir el orden de estas dos laminaciones si se desea.

La patente de EE.UU. n.º 7.839.564 describe el llamado "laminado de plano frontal invertido", que es una variante del laminado de plano frontal descrito en la patente de EE.UU. n.º 6.982.178 mencionada anteriormente. Este laminado de plano frontal invertido comprende, en orden, al menos una de una capa protectora transmisora de luz y una capa eléctricamente conductora transmisora de luz; una capa adhesiva; una capa de un medio electroóptico sólido; y una lámina de liberación. Este laminado de plano frontal invertido se usa para formar una pantalla electroóptica que tiene una capa de adhesivo de laminación entre la capa electroóptica y el electrodo frontal o sustrato frontal; una segunda capa, normalmente delgada, de adhesivo puede estar presente o no entre la capa electroóptica y una placa posterior. Estas pantallas electroópticas pueden combinar una buena resolución con un buen rendimiento a baja temperatura.

Las propiedades fotoelectroforéticas de ciertos pigmentos fueron reconocidas hace tiempo. Por ejemplo, la patente de EE.UU. n.º 3.383.993 divulga un aparato fotoelectroforético de formación de imágenes que puede utilizarse para reproducir imágenes proyectadas en un medio, normalmente un electrodo transparente, como ITO. El proceso fotoelectroforético descrito en la patente '993, y otras patentes relacionadas de Xerox Corporation, no era reversible, sin embargo, ya que el proceso fotoelectroforético implicaba que las partículas fotoelectroforéticas migraran a un "electrodo de inyección" donde se adherirían al electrodo. Por la falta de reversibilidad, así como el coste y la complicación de la instalación, este fenómeno no se comercializó ampliamente.

La materia objeto presentada en el presente documento se refiere a varios diseños estructurales de pantalla piezoelectroforética que no necesitan una fuente de alimentación (por ejemplo, batería o alimentación por cable, etc.) para que funcione la pantalla electroforética. De este modo, se simplifica el montaje de este tipo de pantalla electroforética.

La piezoelectricidad es la carga que se acumula en un material sólido en respuesta a una tensión mecánica aplicada. Entre los materiales adecuados para la materia objeto divulgada en el presente documento puede incluirse el fluoruro de polivinilideno (PVDF), cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), berlinita ( $\text{AlPO}_4$ ), ortofosfato de galio ( $\text{GaPO}_4$ ), turmalina, titanato de bario ( $\text{BaTiO}_3$ ), titanato de circonato de plomo (PZT), óxido de zinc ( $\text{ZnO}$ ), nitrato de aluminio ( $\text{AlN}$ ), tantalita de litio, silicato de lantano y galio, tartrato sódico potásico y cualquier otro material piezoeléctrico conocido.

Muchas pantallas electroforéticas son biestables: su estado persiste incluso después de retirar el campo eléctrico activador. Esto se consigue generalmente mediante la carga residual de los electrodos y las interacciones de van

der Waals entre las partículas y las paredes de la celda electroforética. El accionamiento de una pantalla electroforética requiere una fuente de alimentación, como una batería para suministrar energía a la pantalla y/o sus circuitos de accionamiento. La fuente de alimentación puede ser un conductor IC con el fin de generar un campo eléctrico. El campo eléctrico también puede mejorarse mediante un circuito. En cualquier caso, se requiere una conexión física mediante cables para unir la fuente de alimentación a la pantalla electroforética y su circuito de accionamiento.

Se conoce un dispositivo de dibujo borrable. Un dispositivo de dibujo borrable, típicamente, consiste en una pizarra, bloc de papel, o pizarra blanca, y un dispositivo de marcado borrable, como una tiza, lápiz o rotulador borrable en seco.

Un inconveniente de dicho dispositivo de dibujo es que el dispositivo de marcado puede disiparse, requiriendo sustitución. Otro inconveniente es que el dispositivo de marcado puede hacer marcas en superficies distintas de la pantalla del dispositivo de dibujo, creando así un problema. Otro inconveniente es que la pantalla puede no borrarse completamente incluso con limpiadores y borrados enérgicos.

Un dispositivo de dibujo electrónico supera algunos de los problemas descritos anteriormente. Un dispositivo de dibujo electrónico, típicamente, incluye una pantalla táctil y la lógica adecuada para hacer que una pantalla electrónica subyacente actualice su imagen en respuesta al movimiento de un lápiz óptico. El dispositivo, por ejemplo, incluye un bloc de entrada de gráficos que tiene una matriz de píxeles capacitivos transparentes, que cambian su capacitancia en respuesta al paso de un lápiz óptico con punta conductora sobre el bloc. El cambio de capacitancia se detecta y se utiliza para direccionar una matriz LCD. Un inconveniente de este dispositivo de dibujo electrónico es que requiere una electrónica sofisticada y una cantidad significativa de energía.

Una pantalla magnetoforética, que normalmente se utiliza como juguete de dibujo para niños, es otro ejemplo de dispositivo de dibujo borrable. En una pantalla magnetoforética, un lápiz óptico utilizado para escribir en la pantalla contiene un imán, y un medio de contraste de la pantalla contiene material ferroso negro y dióxido de titanio blanco. La pantalla magnetoforética no necesita alimentación. Sin embargo, la pantalla magnetoforética no suele permitir al usuario borrar selectivamente porciones de un dibujo en la pantalla, a menos que el usuario pueda acceder tanto a la parte delantera como a la trasera del medio magnetoforético. Típicamente, los fabricantes de pantallas magnetoforéticas se limitan a facilitar el acceso a una sola superficie. La pantalla se borra mediante una barra magnética deslizante incrustada detrás del medio magnetoforético. Por lo tanto, la pantalla no se puede borrar selectivamente.

Una pantalla de cristal líquido dirigida electrostáticamente es otro tipo de dispositivo de dibujo conocido en la técnica. Los dispositivos de dibujo de cristal líquido, sin embargo, sufren una duración deficiente de la imagen debido a la disipación de la carga estática superficial que mantiene la imagen. Con tensiones más altas y capas resistivas adicionales, es posible ampliar la duración de la imagen, pero incluso entonces, una duración superior a 30 minutos se considera estado de la técnica.

También se utiliza una pantalla electroforética como dispositivo de dibujo. En un dispositivo de dibujo electroforético, las partículas electroforéticas en un medio de visualización del dispositivo migran hacia o lejos de la superficie de dibujo del dispositivo tras la aplicación de un campo eléctrico a través del medio de visualización. Por ejemplo, el dispositivo de dibujo puede contener un electrodo trasero cubierto por un revestimiento electroforético. Para escribir, se aplica una tensión positiva al electrodo trasero y un lápiz óptico que toca el revestimiento electroforético se pone en contacto. El lápiz óptico actúa como electrodo superior en un área local. Entre el lápiz óptico y el electrodo trasero se crea un potencial de tensión que provoca la migración de las partículas electroforéticas y el cambio de color del dispositivo. El sistema global puede estar cubierto con una capa superior dieléctrica o anisotrópica que proteja los medios electroforéticos. Chiang *et al.* "A Stylus Writable Electrophoretic Display Device", Society for Information Display 1979 Digest describe un dispositivo de dibujo electroforético. Aunque este tipo de pantallas electroforéticas pueden ofrecer un contraste y un brillo excelentes, así como unas propiedades eléctricas y una duración de la imagen favorables, siguen necesitando energía eléctrica para funcionar.

La presente invención utiliza la piezoelectricidad para accionar los pigmentos de un material electroforético, para cambiar el color del material electroforético cuando se observa desde una superficie de observación. Por ejemplo, doblando o introduciendo tensión en una pieza de material piezoeléctrico, pueden generarse cargas y estas cargas pueden utilizarse para provocar el movimiento de los pigmentos coloreados del material electroforético. Tal como se usa en el presente documento, el término "relación de contraste" (CR) para una pantalla electroóptica (por ejemplo, una pantalla electroforética) se define como la relación entre la luminancia del color más brillante (blanco) y la del color más oscuro (negro) que la pantalla es capaz de producir. Normalmente una alta relación de contraste, o CR, es un aspecto deseado de una pantalla.

Como se ha mencionado anteriormente, en las realizaciones, un material piezoeléctrico se utiliza para generar cargas para alimentar un aparato escribible que tiene un material electroforético. Este aparato escribible puede funcionar sin fuente de alimentación, alimentado únicamente por las cargas generadas por el material

piezoeléctrico. En la práctica, un usuario puede escribir en este aparato utilizando un lápiz óptico (conductor o no conductor), o cualquier objeto puntiagudo, y también borrar lo escrito, sin necesidad de acoplarse a una fuente de alimentación.

La figura 1 ilustra una realización ilustrativa de un aparato escribible de la invención. Como se ha ilustrado en la figura 1, el aparato 100 incluye una capa de medio electroóptico 106 (una capa de material electroforético) situada entre un primer electrodo 104 y una capa de material piezoeléctrico 108. Esta capa de material electroforético puede incluir microceldas o microcápsulas con partículas electroforéticas, o cualquier otro material electroforético de uso común en la técnica. En algunas realizaciones, el electrodo superior 104 puede ser una capa de material eléctricamente conductor transmisor de luz, donde el término "transmisor de luz" se utiliza en el presente documento para describir la capa 104 para ser capaz de transmitir suficiente luz para permitir que un observador, mirando a través de esa capa 104, observe el cambio en los estados de visualización del medio electroóptico, que normalmente se verá a través de la capa eléctricamente conductora y el sustrato adyacente (si está presente); en los casos en que el medio electroóptico muestre un cambio en la reflectividad en longitudes de onda no visibles, el término "transmisor de luz" debe interpretarse, por supuesto, para referirse a la transmisión de las longitudes de onda no visibles pertinentes. Debe apreciarse que no debe haber un conductor continuo entre el material electroforético 106 y el material piezoeléctrico 108. La ausencia de un conductor entre estas dos capas puede mejorar la CR del aparato de escritura.

Un segundo electrodo 110 se coloca en el lado opuesto del material piezoeléctrico 108 desde el material electroforético 106. Este segundo electrodo 110 está separado del material piezoeléctrico 108 por un hueco o separación 102; preferentemente, este hueco 102 es estrecho. En la práctica, puede utilizarse un lápiz óptico 112 para aplicar una tensión sobre el material piezoeléctrico 108. El lápiz óptico 112 puede presionar sobre el primer electrodo 104 como si el lápiz óptico 112 se estuviera utilizando para escribir sobre el primer electrodo 104. Esta fuerza de presión puede hacer que el material electroforético 106 y el material piezoeléctrico 108 se doblen en consecuencia. Idealmente, esta flexión puede hacer que el material piezoeléctrico 108 entre en contacto con el segundo electrodo 110 a través del hueco 102. De esta manera, cuando el material piezoeléctrico 106 experimenta esta tensión causada por el lápiz óptico 112 que escribe sobre el primer electrodo 104, el material piezoeléctrico 106 genera cargas como resultado. Cuando el material piezoeléctrico 106 entra en contacto con el segundo electrodo 110, se forma una ruta de conducción que permite que las cargas generadas provoquen el movimiento de los pigmentos coloreados dentro del material electroforético 106, donde el movimiento de los pigmentos puede provocar el cambio de estado óptico del material electroforético 106 (por ejemplo, donde está escribiendo el lápiz óptico 112, el material electroforético 106 puede pasar de blanco a negro). Debe apreciarse que no hay un conductor continuo presente entre el material piezoeléctrico y el material electroforético donde se espera que tenga lugar la escritura. La ausencia del conductor continuo puede contribuir a una mejor CR del dispositivo de escritura.

En la práctica, el tamaño del lápiz óptico 112 puede afectar a la nitidez y/o a la relación de contraste de las escrituras sobre el material electroforético 106. Por ejemplo, un lápiz óptico 106 más pequeño o de punta fina puede producir escrituras nítidas y/o claras, en comparación con un lápiz óptico con una punta de mayor tamaño. Esto puede deberse al hecho de que un lápiz óptico de punta más pequeña, al escribir en el primer electrodo 104, crea una fuerza de compresión o tensión en la película electroforética 106 y en la película piezoeléctrica 108 situada debajo, que también crea un área superficial de contacto relativamente pequeña con el segundo electrodo 110. Debido a esta área superficial de contacto relativamente pequeña (en comparación con un lápiz óptico con puntas de mayor tamaño), un campo eléctrico producido por las cargas de la película piezoeléctrica puede localizarse en una región más pequeña en comparación con la de un lápiz óptico con una punta más grande, lo que aumenta la magnitud del campo eléctrico producido, produciendo, a su vez, una escritura conformadora con una CR mejorada. El espesor de la capa electroforética y el espesor total del aparato de escritura 100 también pueden afectar a la nitidez y/o CR de la escritura. Esto puede deberse a que cuanto más grueso sea el aparato, mayor será la curvatura creada por la escritura y, por tanto, mayor será el área superficial de contacto, lo que reduce la localización del campo eléctrico creado. Debe apreciarse que el lápiz óptico 112 utilizado aquí no necesita estar hecho de materiales conductores.

De forma similar, el aparato de escritura 100 puede doblarse (por ejemplo, comprimido) o escribirse en este desde la dirección del segundo electrodo 110 hacia el primer electrodo 104. De esta manera, la película electroforética 106 se dobla o comprime desde una dirección opuesta a la descrita anteriormente, donde la película electroforética 106 se dobla o comprime hacia la primera capa de electrodo 104 en su lugar. De este modo, las cargas producidas por la película electroforética 106 fluirán hacia una dirección opuesta a la descrita anteriormente y produciendo un campo eléctrico también opuesto. Por consiguiente, los pigmentos coloreados del material electroforético 106 se moverán en una dirección opuesta a la descrita anteriormente y producirán un cambio óptico diferente. Por ejemplo, la escritura en el segundo electrodo 110 puede producir escrituras de diferentes colores en el primer electrodo 104, en comparación con la que se produce al escribir en el primer electrodo 104. Si la escritura en el primer electrodo 104 produce líneas de color negro en el primer electrodo 104, escribir en el segundo electrodo 110 produciría líneas que no son negras, por ejemplo, líneas blancas. En algunas realizaciones, se pueden borrar las escrituras en el primer electrodo 104 produciendo tensión en el segundo electrodo 110. Por ejemplo, la escritura producida en el primer electrodo 104 puede ser de color negro. Producir tensión (por ejemplo, escritura) en el segundo electrodo 110 aproximadamente en los mismos lugares puede producir escrituras en color



blanco en el primer electrodo 104, borrando o enmascarando eficazmente la escritura en negro. Debe apreciarse que el segundo electrodo 110 preferentemente debe tener una resistencia de menos de  $10^{13}$  ohmios. Una resistividad por encima de ese límite puede hacer que el segundo electrodo 110 no sea suficientemente conductor para que el aparato 100 funcione correctamente.

El material electroforético 106 utilizado en el aparato 100 puede ser un material electroforético diseñado para aplicaciones de baja tensión. Este material puede incluir microceldas con una profundidad o altura de celda inferior a la habitual. Se pueden encontrar ejemplos de medios o pantallas electroforéticas basados en microceldas en las patentes de EE.UU. n.º 7.072.095 y 9.279.906. En algunas realizaciones, si las microceldas normales o estándar tienen 60 celdas de profundidad o altura, un material de baja tensión puede tener una altura o profundidad de celda de 40 micras o inferior. En algunas otras realizaciones, la altura o profundidad de la microcelda puede ser inferior a 20 micras. En algunas realizaciones, los fluidos sellados en el interior de las microceldas también pueden tener composiciones químicas diferentes para las microceldas poco profundas. Por ejemplo, el material electroforético 106 puede tener una fase interna con una viscosidad de 1 Pa·s, y una concentración de partículas del 39 %. En la Tabla 1 se ilustra un ejemplo de material electroforético que puede utilizarse.

### 2.1.2 Especificación FPL

Tabla 1. Material electroforético de aplicación de baja tensión

Atributos	Valor
25C Objetivos ópticos (Típico T0)	WS: 33 % (64L*) DS: 3,2 % (21L*) CR: 11
25C LTID después de 24hrs (Mínimo T0)	WS: $\geq 30$ % (62L*) DS: $<4$ % (25L*) CR $>7$
Imagen fantasma	$\Delta L^* < 2$
0C Objetivos ópticos	WS: $\geq 28$ % (60L*) DS: $<4$ % (24L*) CR $>7$
tiempo de actualización de formación de imágenes	0C: LT WF (PD1500 2 fases, 3 s) 25C: RT WF (1,72 s)
* La especificación CE se basó en mediciones de Eye-one sobre FPL + OCA de 25 $\mu\text{m}$ + capa protectora P52 en placa base TFT de 5,08 cm (2") y 124 ppp	

La figura 2 ilustra una realización donde la configuración presentada en la figura 1 puede integrarse en un aparato de escritura de gran tamaño 300. En algunas realizaciones, todo el aparato puede contener una unidad de escritura 302 que incluye filas de lápices ópticos mecánicos, y la escritura puede realizarse en la unidad de escritura 302. La unidad de escritura 302 puede ser del mismo tamaño que la unidad de visualización, o más pequeña que la unidad de visualización 304, en función de la aplicación. El aparato de escritura también puede incluir una unidad de borrado 306 en forma de rodillo, donde la acción continua de rodadura puede borrar todo el tablero. En algunas realizaciones, el material utilizado para el borrado necesita tener tanto una resistividad más baja  $<10^{13}$  Ohm/cuadrado como una propiedad elástica. Ejemplos no limitativos de dicho material son el caucho de silicona, caucho de látex natural, elastómeros termoplásticos (TPE), vulcanizados termoplásticos (TPE-v), uretanos termoplásticos (TPU) y etilvinilacetatos (EVA), cada uno con aditivos como el carbono, fragmentos de cobre, níquel o plata.

En algunas realizaciones, la resistividad del lápiz óptico de escritura puede ser similar a la del borrador o dispositivo de borrado mencionado anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de escritura (100) que comprende:
  - 5 un primer electrodo (104);  
una capa de material piezoeléctrico (108);  
una capa de material electroforético (106) situada entre el primer electrodo (104) y la capa de material piezoeléctrico (108), en donde la tensión sobre la capa de material piezoeléctrico (108) produce cambios ópticos en la capa de material electroforético (106); y
  - 10 un segundo electrodo (110) situado en el lado opuesto del material piezoeléctrico (108) con respecto al primer electrodo (104), estando el aparato de escritura (100) **caracterizado por** un hueco (102) entre la capa de material piezoeléctrico (108) y el segundo electrodo (110).
- 15 2. El aparato de la reivindicación 1, en donde la capa de material electroforético (106) está basada en microceldas.
3. El aparato de la reivindicación 1, en donde la capa de material electroforético (106) está basada en microcápsulas.
- 20 4. El aparato de la reivindicación 1 que comprende además un lápiz óptico (112).
5. El aparato de la reivindicación 4, en donde el lápiz óptico (112) no es conductor.
6. El aparato de la reivindicación 4, en donde el lápiz óptico (112) es conductor.
- 25 7. El aparato de la reivindicación 1, en donde el segundo electrodo (110) tiene una resistividad inferior a  $10^{13}$  ohmios.
8. El aparato de la reivindicación 2, en donde las microceldas tienen una altura inferior a 20 micras.

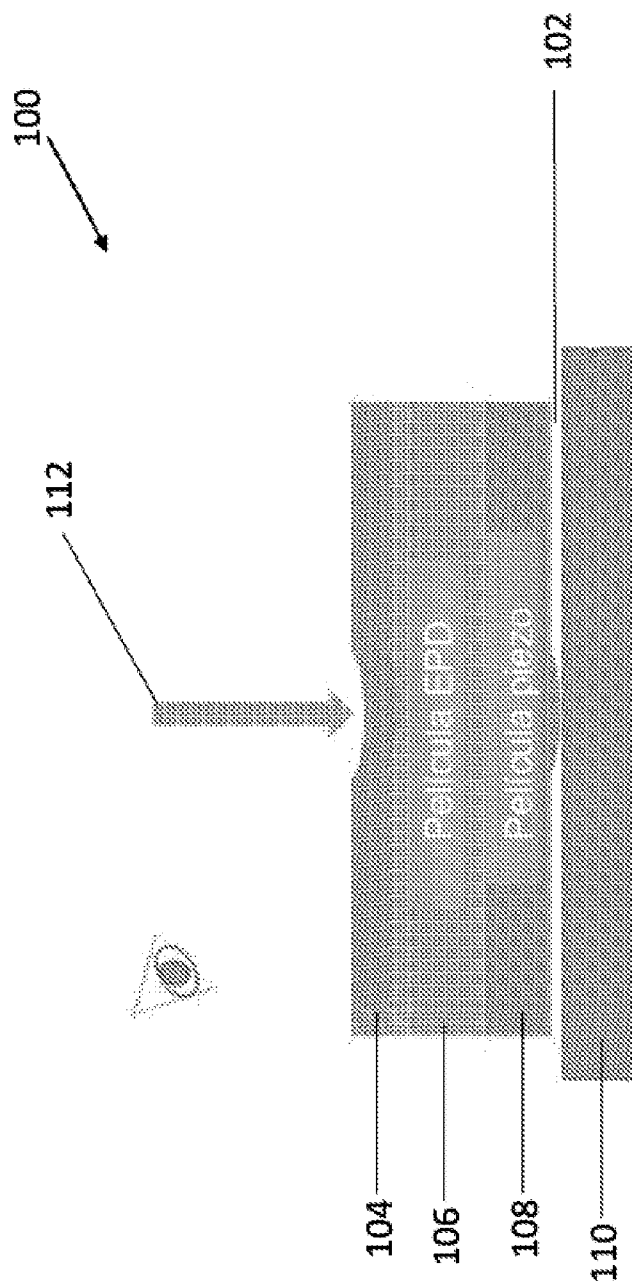
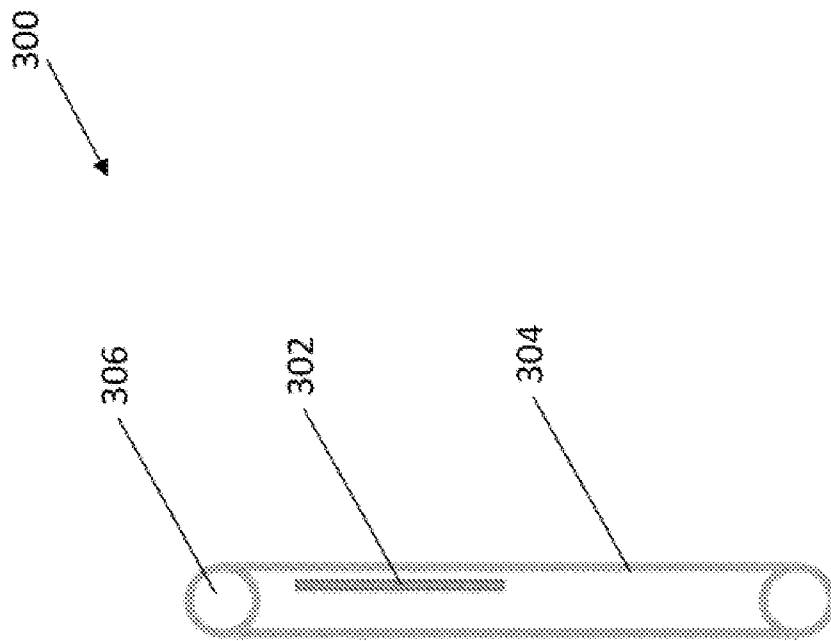


Figura 1



**Figura 2**